



## Designing Collaterals Assessment Model to Finance Technological Projects and SMEs by Adaptive Neural Fuzzy Inference System (ANFIS)

**Rohollah Zolfaghari** 

Ph.D. Candidate, Department of Industrial Management, Faculty of Management, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran. E-mail: r.zolfaghari@inif.ir

**Nasimeh Tashakori** \* 

\*Corresponding Author, MSc., Faculty of Science and Technology Management, Faculty of Science and Technology Management, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran. E-mail: tnasimeh@yahoo.com

**Asghar Eram** 

Ph.D., Department of Financial Management, Faculty of Management, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: a.eram@ut.ac.ir

### Abstract

**Objective:** Financing is one of the factors of future success for small and medium-sized technology businesses. Because of the immaturity of these businesses, the majority of their assets are intangible, rely on technical knowledge, and lack significant financial and credit records. To control the probable risks, financing systems traditionally rely on patterns based on maximum authentication of physical assets, which do not fulfill the needs of these firms and must be altered. The fundamental purpose of this research is to create a model for assessing and determining the collaterals of technical projects and knowledge-based firms so that finances could be more easily obtained and the risk of non-refunding could be managed. In this research, in the first step, the criteria for evaluating and assessing the intended project and company were defined. By using a fuzzy expert system, the appropriate method of dealing with companies was determined. In the second step, in order to create a learning system, the results of the first step were used as input data in the form of three neural network algorithms implemented in MATLAB software and ANFIS algorithm, with 93% accuracy compared to the input data.

**Methods & Results:** The final neuro-fuzzy model was tested according to the repayment data available in Iran National Innovation Fund. The statistical population included knowledge-based firms receiving facilities. By using The Cochran formula, 103 companies were selected as a sample. The results obtained by testing and evaluating the

model, in 85% of cases, could correctly identify the companies' performance in repaying resources and suggest appropriate collateral (Real estate collateral or Bank Guarantees).

**Conclusion:** The model presented in this study can be used to evaluate, validate, and determine the collaterals of technological projects and knowledge-based firms. It can facilitate their access to financial resources and also help them with managing the attendant risks. It also employs new optimization methods and has the ability to learn.

**Keywords:** Evaluation, Technological SMEs, ANFIS, Iran national innovation fund, Real estate/ Bank Guarantees.

**Citation:** Zolfaghari, Rohollah; Tashakori, Nasimeh & Eram, Asghar (2022). Designing collaterals assessment model to finance Technological Projects and SMEs by Adaptive Neural Fuzzy Inference System (ANFIS). *Financial Research Journal*, 24(3), 453- 479. <https://doi.org/10.22059/FRJ.2022.313263.1007094> (in Persian)

---

Financial Research Journal, 2022, Vol. 24, No.3, pp. 453- 479  
Published by University of Tehran, Faculty of Management  
<https://doi.org/10.22059/FRJ.2022.313263.1007094>  
Article Type: Research Paper  
© Authors

Received: November 09, 2021  
Received in revised form: April 09, 2022  
Accepted: April 13, 2022  
Published online: October 17, 2022



## طراحی مدل تعیین تضامین جهت تأمین مالی طرح‌ها و شرکت‌های کوچک و متوسط (SME) فناور با استفاده از مدل فازی - عصبی

روح‌اله ذوالفقاری

دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران. رایانامه: r.zolfaghari@inif.ir

نسیمه تشکری\*

\* نویسنده مسئول، کارشناس ارشد، گروه مدیریت اجرایی، دانشکده مدیریت علم و فناوری، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران.  
رایانامه: tnasimeh@yahoo.com

اصغر ارم

دکتری، گروه مدیریت مالی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: a.eram@ut.ac.ir

### چکیده

**هدف:** تأمین مالی شرکت‌های کوچک و متوسط فناور، یکی از عوامل تعیین‌کننده موفقیت آتی آنهاست. به‌طور عمده، دارایی‌های این شرکت‌ها از نوع ناملموس و مبتنی بر دانش فنی است و با توجه به نوپا بودن، سوابق مالی و اعتباری چشمگیری ندارد. نظام‌های تأمین مالی، به‌صورت سنتی و به‌منظور مدیریت ریسک، از الگوهای مبتنی بر توثیق حداکثری دارایی‌های فیزیکی استفاده می‌کنند که با شرایط این کسب‌وکارها تناسبی ندارد و به بازنگری نیازمندند. مسئله اصلی این پژوهش، ارائه مدلی برای ارزیابی و تعیین تضامین طرح‌های فناورانه و شرکت‌های دانش‌بنیان است تا ضمن تسهیل دستیابی به منابع مالی، ریسک عدم بازپرداخت این منابع نیز مدیریت شود.

**روش:** جامعه آماری، شرکت‌های دانش‌بنیان دریافت‌کننده تسهیلات است که با استفاده از روش کوکران، ۱۰۳ شرکت برای نمونه انتخاب شد. در گام نخست، معیارهای ارزیابی طرح و شرکت، تعریف و با به‌کارگیری سیستم خبره فازی، شیوه رفتار مناسب با شرکت‌ها تعیین شده است. در گام دوم، به‌منظور ایجاد یک سیستم یادگیرنده، نتایج گام نخست به‌عنوان داده‌های ورودی، در قالب سه الگوریتم شبکه عصبی در نرم‌افزار متلب پیاده‌سازی و الگوریتم ANFIS با دقت ۹۳ درصد نسبت به داده‌های ورودی، انتخاب شده است.

**یافته‌ها:** با توجه به داده‌های بازپرداخت موجود در صندوق نوآوری و شکوفایی، مدل فازی - عصبی نهایی آزمون شد. نتایج آزمون و ارزیابی مدل، در ۸۵ درصد از موارد، نحوه عملکرد شرکت‌ها در بازپرداخت منابع را به‌صورت صحیح تشخیص داد و تضامین (وثایق ملکی و/یا ضمانت‌نامه بانکی) متناسب با آن‌ها را پیشنهاد کرد.

**نتیجه‌گیری:** مدل معرفی‌شده در این پژوهش، برای ارزیابی و اعتبارسنجی و تعیین تضامین طرح‌های فناورانه و شرکت‌های دانش‌بنیان معرفی شده است که ضمن تسهیل دستیابی آن‌ها به منابع مالی، به مدیریت ریسک عدم بازپرداخت منابع نهاد مالی نیز کمک می‌کند. همچنین از روش‌های جدید بهینه‌سازی بهره برده است و قابلیت یادگیری نیز دارد.

**کلیدواژه‌ها:** مدل اعتبارسنجی، ارزیابی، شرکت‌های کوچک و متوسط (SME) فناور، مدل فازی - عصبی (ANFIS)، صندوق نوآوری و شکوفایی، وثایق ملکی، ضمانت‌نامه بانکی.

**استناد:** ذوالفقاری، روح‌اله؛ تشکری، نسیمه و ارم، اصغر (۱۴۰۱). طراحی مدل تعیین تضامین جهت تأمین مالی طرح‌ها و شرکت‌های کوچک و متوسط (SME) فناور با استفاده از مدل فازی - عصبی. *تحقیقات مالی*، ۲۴(۳)، ۴۵۳-۴۷۹.

## مقدمه

امروزه تأمین مالی شرکت‌های کوچک و متوسط یکی از عوامل حیاتی در توسعه اقتصادی کشور و محرک رشد و توسعه این شرکت‌ها که منبع اصلی نوآوری هستند، محسوب می‌شود. به دلیل پایین بودن ریسک‌پذیری نهادهای تأمین مالی و شیوه رفتار سخت‌گیرانه در اخذ تضامین از شرکت‌ها و همچنین توانایی کم شرکت‌های کوچک و متوسط در تأمین وثایق مدنظر نهادهای تأمین مالی، نرخ شکست در اخذ تسهیلات از نهادهای تأمین مالی توسط این نوع شرکت‌ها بالا رفته و علاوه بر نارضایتی این شرکت‌ها، فعالیت‌های اقتصادی و تولیدی در کشور کاهش می‌یابد. به این منظور در این پژوهش چارچوبی نوآورانه طراحی شده است که علاوه بر استانداردسازی شاخص‌ها و معیارهای مرتبط، می‌توان پیشنهادهایی برای رفتار با شرکت‌ها به منظور اخذ تضامین (وثایق ملکی و/یا ضمانت‌نامه بانکی) از آن‌ها با توجه به ارزیابی وضعیت طرح و شرکت ارائه داد. با بهره‌برداری از این الگو علاوه بر تأمین رضایت شرکت‌ها، مدیریت ریسک بازپرداخت و کاهش معوقه‌های شرکت‌ها از طریق پیشنهاد تضامین و وثایق متناسب، می‌توان به کاهش تغییر مصوبه‌های ناشی از تغییر وثیقه و کاهش تکرار فرایندهای ناشی از آن کمک نمود. در این راستا، توجه ویژه‌ای به پتانسیل یادگیرنده بودن مدل خواهد شد و با استفاده از موتور استنتاج فازی و شبکه عصبی، قوانین به‌روز می‌گردد. نکته جدید و حائز اهمیت در این مدل، به‌کارگیری ترکیب سیستم فازی و شبکه عصبی جهت اعتبارسنجی شرکت‌های کوچک و متوسط فناور است. در این مدل، متغیر بازپرداخت شرکت‌ها در زمان سررسید به‌عنوان متغیر یادگیرنده به مدل اضافه خواهد شد.

نظام‌های تأمین مالی به شکل سنتی و با هدف مدیریت ریسک، از الگوهای مبتنی بر توثیق حداکثری دارایی‌های فیزیکی بهره می‌جویند که متناسب با شرایط این کسب و کارها نبوده و به بازبینی احتیاج دارند. تفاوت اصلی این پژوهش با سایر تحقیقات، ارائه مدلی برای ارزیابی و تعیین تضامین طرح‌های فناورانه و شرکت‌های دانش‌بنیان است تا ضمن تسهیل دستیابی به منابع مالی، ریسک عدم بازپرداخت این منابع نیز مدیریت شود. بر اساس این که شیوه رفتار و تعیین تضامین برای شرکت‌های کوچک و متوسط فناور کمتر مورد توجه قرار می‌گیرد، این تحقیق می‌تواند الگوی عملی جهت کاهش ریسک، صرفه‌جویی در زمان، توجه خاص به راهبردی بودن طرح، کاهش قضاوت‌های شخصی و افزایش دقت در ارزیابی طرح و شرکت متقاضیان وام از نهادهای تأمین مالی ضمن توجه خاص به یادگیرنده بودن مدل و به روز شدن آن ارائه نماید.

تدوین مدل و سنجش اعتبار شرکت‌های کوچک و متوسط فناور به‌منظور پیشنهاد ارائه تضامین و وثایق لازم با توجه به ریسک شناسایی شده شرکت‌های کوچک و متوسط فناور (متناسب با ویژگی‌های طرح و شرکت) جهت اخذ تسهیلات و پیش‌بینی عملکرد آتی شرکت در بازپرداخت با هدف اطمینان از ارائه تسهیلات به شرکت‌های دارای صلاحیت و شایستگی، کاهش ریسک اعطای تسهیلات و مشخص نمودن تضامین و وثایق موردنیاز متناسب با ریسک طرح، انجام شده است.

این تحقیق در پی یافتن پاسخ به این سوال کاربردی خواهد بود: با شرکت‌های کوچک و متوسط در مورد تعیین تضامین و وثایق لازم چگونه رفتار شود تا در عین کاهش نرخ نکول شرکت‌ها، پذیرش ریسک معقولی توسط این نهاد

صورت پذیرد؟ پس از رصد معیارهای ارزیابی طرح و شرکت، ارزیابی و تخصیص امتیاز به شاخص‌های مرتبط، امتیاز نهایی در دو معیار نتایج ارزیابی طرح و شرکت استخراج شده و نهایتاً خروجی آن، پیشنهاد شیوه رفتار در اخذ تضمین قابل قبول توسط نهاد تأمین مالی است.

بدین منظور در ادامه، به مرور ادبیات در زمینه انواع معیارها و مدل‌های اعتبارسنجی و پیشینه پژوهش‌های انجام شده پرداخته شده و سپس ضمن بیان توضیحات در مورد روش‌شناسی و مدل تدوین شده، نتایج حاصل از آن و بهترین الگوریتم شبکه عصبی برای استفاده در این مدل، معرفی شده است. در پایان نیز به منظور آزمون و ارزیابی مدل طراحی شده، ۱۰۳ شرکت که در صندوق به مرحله بازپرداخت رسیدند به‌عنوان نمونه، بررسی و ارزیابی شدند.

### پیشینه پژوهش

از اواخر قرن بیستم تاکنون الگوهای مختلفی از رشد و توسعه صنعتی در کشورهای جهان مورد ارزیابی و تجربه قرار گرفته است. یکی از این الگوها، شرکت‌های کوچک و متوسط هستند. مرور نظام اقتصادی - اجتماعی در بسیاری از کشورهای پیشرفته جهان بیانگر این است که ایجاد و حمایت از شرکت‌های کوچک و متوسط یکی از اولویت‌های اصلی در برنامه‌های توسعه اقتصادی این کشورها محسوب می‌شود. این شرکت‌ها با اینکه به سرمایه‌گذاری کمتری نیاز دارند، بازده بیشتری داشته و در ایجاد اشتغال، ایجاد بستر مناسب با هدف نوآوری، اختراع و افزایش صادرات نقش مهمی دارند. این امر بر اساس شرایط اقتصادی، قوانین و سیاست‌های حمایتی در کشورهای مختلف، به‌عنوان الگویی موفق برای توانمندسازی علمی و صنعتی معرفی شده است (مرادی و پورطباطبایی، ۱۳۹۴).

شرکت‌های کوچک و متوسط فناوری به‌عنوان منبع اصلی نوآوری، یکی از عوامل موفقیت اقتصادی در کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته محسوب می‌شوند که عمدتاً دارایی‌های این شرکت‌ها از نوع غیرملموس و بر اساس دانش فنی بوده و با توجه به نوپا بودن، سوابق مالی و اعتباری قابل ملاحظه‌ای ندارند. از سویی دیگر اعطای منابع مالی به این شرکت‌ها دارای ریسک بوده و لذا مؤسسه‌های مالی و اعتباری به‌منظور مدیریت ریسک اعتباری خود باید ابزار مناسبی جهت اعتبارسنجی این شرکت‌ها طراحی نمایند.

ریسک اعتباری، به‌عنوان یک نوع ریسک مالی، بیانگر ناتوانی در بازپرداخت است (لوزاده، فریرا سیلوا و دینیز، ۲۰۱۲). همچنین ریسک اعتباری، امکان بالقوه‌ای محسوب می‌شود که قرض‌گیرنده از بانک یا از طرف حساب وی در اجرای تعهدهای خود در مقابل بانک در مدت معین و مقرر، ناتوان باشد (کمیته بازل سوئیس، ۲۰۰۰).

اعتبارسنجی، ابزاری برای تعیین ریسک اعتباری در نظر گرفته می‌شود که همراه با مجموعه‌ای از مدل‌های تصمیم‌گیری و روش‌های اصولی به وام‌دهندگان جهت تعیین اعتبار یک متقاضی کمک می‌کند (مارکز، گارسیا و سانچز، ۲۰۱۳).

مؤسسات اعتباری و بانک‌ها باید با توجه به پیچیدگی فعالیت‌ها و محیط اقتصادی، طرح‌های مناسب را برای ارزیابی و امتیازدهی اعتباری مشتریان انتخاب نمایند (بیک‌زاده، آقازاده و آقازاده، ۱۳۹۳). این معیارها برای اعتبارسنجی مشتریان اهمیت زیادی دارند و می‌توانند توسط روش‌هایی مانند ۶C، برنامه‌ریزی برای وام و ۵P انتخاب شود.

- روش ۶C<sup>۱</sup>: در این روش، شخصیت، ظرفیت و توانایی، سرمایه، شرایط، وثیقه یا پوشش، شرایط و ضوابط تسهیلات مدنظر قرار می‌گیرد.
- روش برنامه‌ریزی برای وام (LAPP)<sup>۲</sup>: یکی دیگر از روش‌های ارزیابی اعتبار مشتریان است که شامل نقدینگی، فعالیت، سودآوری، توان بالقوه یا پتانسیل<sup>۳</sup> است.
- روش ۵P<sup>۴</sup>: شامل اشخاص، تولید یا محصول، حمایت، پرداخت‌ها، و شمای کلی آینده است. معیار C6 ارائه و در جدول ۱ نشان داده شده است.

#### جدول ۱. معیارهای روش ۶C

بررسی تعهدپذیری و نحوه عملکرد در فعالیت‌های مالی گذشته، شهرت اجتماعی و متغیرهایی مانند تحصیلات مدیرعامل، تاریخ فعالیت شرکت و غیره	شخصیت
بررسی توان متقاضی در ایجاد درآمد و مدیریت کسب و کار جهت عمل به تعهدات	ظرفیت
بررسی میزان سرمایه متقاضی تسهیلات	سرمایه
میزان وثایق قابل ارائه از جانب مشتری جهت پوشش زیان ناشی از عدم ایفای تعهدات	وثیقه
بررسی شرایط محیطی اثرگذار بر عملکرد متقاضی که خارج از کنترل بانک و مشتری است	شرایط
در نظر گرفتن هدف از دریافت اعتبارات و دوره بازپرداخت اعتبارات	شرایط و ضوابط اعطای تسهیلات یا اعتبارات

منبع: توماس<sup>۵</sup> (۲۰۰۰)

همچنین معیارهای مهم برای ارزیابی و رتبه‌بندی اعتباری در مقالات و سازمان‌های مرتبط دیگر، مانند یونیدو<sup>۶</sup> و اس‌اند‌پی<sup>۷</sup> نیز مطرح شده‌اند. در مقاله‌ای با ارزیابی ریسک برای سرمایه‌گذاری در پروژه‌های فناورانه، شاخص‌های ریسک تحقیق و توسعه، فناوری، تولید، بازار، محیط و مدیریتی به‌عنوان موارد شناسایی شده، معرفی شدند (جیانگ و روان<sup>۸</sup>، ۲۰۱۰).

1. Character, Capacity, Capital, Conditions, Coverage OR Collateral, Conditions Of Loans
2. Lender Appraisal Processing Program
3. Liquidity, activity, profitability, potential
4. People, product, protection, payment, perspective
5. Thomas
6. UNIDO United Nations Industrial Development Organization
7. Standard & poor's
8. Jiang & Ruan

یونیدو در سال ۲۰۱۵، در مستند راهنمایی برای امکان‌سنجی پژوهش‌های صنعتی خود، ۱۰ سرفصل استاندارد را برای ارائه گزارش امکان‌سنجی ارائه داده است که برای ارزیابی و امکان‌سنجی اجرای طرح توسط شرکت باید در نظر گرفته شود. این موارد شامل خلاصه مدیریتی، پیشینه پروژه و توضیح ایده اجرای آن، تحلیل بازار و تشریح جنبه‌های بازاریابی، مواد اولیه و سایر ملزومات تولید، تشریح مکان اجرای پروژه و تأثیرهای محیطی آن، دانش فنی و جنبه‌های مهندسی طرح، ساختار سازمان و هزینه‌های بالاسری، منابع انسانی، برنامه اجرایی و بودجه‌بندی، تحلیل‌های مالی و ارزیابی طرح سرمایه‌گذاری است (یونیدو، ۲۰۱۵).

اس اند پی، مدلی برای رتبه‌بندی اعتباری دارد که طبق این مدل، فاکتورهای ریسک مانند: ریسک صنعت، محیط و موقعیت رقابتی، فاکتورهای مالی مانند: جریان نقدینگی، ساختار سرمایه، سیاست‌های مالی و.. فاکتورهای مدیریتی و شرکتی اندازه‌گیری شده و نتایج در قالبی از AAA (توانایی بازپرداخت بسیار زیاد) تا D (نکول قطعی) مشخص شده و میزان احتمال بازپرداخت بدهی را ارزیابی می‌کند.

انواع شاخص‌ها و معیارهای مهم برای ارزیابی طرح و شرکت که از مطالعات و مرور ادبیات به‌دست آمدند، شامل

موارد ذیل است:

## جدول ۲. معیارهای ارزیابی اعتبار مشتریان

معیار	مراجع
عوامل فنی و امکان‌پذیری طرح	یونیدو، ۲۰۱۵؛ جمشیدی، ۱۳۸۳
عوامل ریسک و بازار و توجیه اقتصادی	اس اند پی؛ جیانگ و روان، ۲۰۱۰؛ یونیدو، ۲۰۱۵؛ برایانت <sup>۱</sup> ، ۲۰۰۱
عوامل مالی	اس اند پی؛ جیانگ و روان، ۲۰۱۰؛ برایانت، ۲۰۰۱؛ جمشیدی، ۱۳۸۳
عوامل اعتباری	اس اند پی؛ برایانت، ۲۰۰۱؛ جمشیدی، ۱۳۸۳
عوامل مدیریتی و اجرایی	اس اند پی؛ جیانگ و روان، ۲۰۱۰؛ یونیدو، ۲۰۱۵؛ برایانت، ۲۰۰۱؛ جمشیدی، ۱۳۸۳

هدف از مدل اعتبارسنجی تعیین ظرفیت متقاضی اعتبار برای بازپرداخت تعهدات مالی با توجه به ریسک اعتباری درخواست‌کننده وام است. روش‌های زیادی جهت ارزیابی و اعتبارسنجی مشتریان با توجه به معیارهای مشخص شده، ارائه شده است. این مدل‌ها برای طبقه‌بندی درخواست‌های اعتباری به‌عنوان «پذیرفته‌شده» یا «رد شده» با توجه به ویژگی‌های متقاضیان ایجاد شده‌اند. (بخت و التری<sup>۲</sup>، ۲۰۱۴). انواع مدل‌های مطالعه شده برای ارزیابی اعتبار مشتریان، مانند مدل آلتمن، رگرسیون لجستیک، فازی، شبکه عصبی و مدل فازی - عصبی در جدول ۳ نشان داده شده است (جمشیدی، ۱۳۸۳؛ شریعت پناهی، ۱۳۸۷).

1. Bryant

2. Bekhet & Eletter

## جدول ۳. انواع مدل‌های ارزیابی اعتبار مشتریان

مدل	پژوهشگر	توضیحات
مدل چندمتغیره آلتمن	آلتمن <sup>۱</sup> ، ۱۹۸۶	مدلی با عنوان Z را معرفی نموده که احتمال ورشکستگی شرکت را پیش‌بینی می‌کند.
رگرسیون لجستیک	بیور <sup>۲</sup> ، ۱۹۶۶	اولین مدل برای تعیین ورشکستگی شرکت‌ها
الگوریتم ژنتیک	هالند <sup>۳</sup> ، ۱۹۷۵	یک تکنیک برنامه‌نویسی است که از تکامل ژنتیکی به عنوان یک الگوی حل مسئله استفاده می‌کند.
رگرسیون لاجیت	فلاح شمس و مهدوی راد، ۱۳۹۱	اشاره به احتمال وقوع یک حادثه (احتمال عدم بازپرداخت تسهیلات توسط مشتری) دارد.
رگرسیون پروبیت	فلاح شمس و مهدوی راد، ۱۳۹۱	مدل پروبیت شبیه مدل لاجیت است با این تفاوت که به جای تجمعی لجستیکی از تابع تجمعی نرمال استفاده می‌کند.
محاسبه‌های فازی	لطفی‌زاده <sup>۴</sup> ، ۱۹۶۵ اسمونی <sup>۵</sup> ، ۲۰۰۸	تئوری مجموعه فازی و نمایش دانش از طریق قوانین اگر-آنگاه، در واقع نظرهای خبرگی را مدل‌سازی می‌نماید. در سال ۱۹۶۵ مجموعه‌های فازی معرفی شده توسط لطفی‌زاده، مدل‌سازی فازی توسط ناکاگی سوگو در سال ۱۹۸۵ معرفی شده است. مجموعه‌های فازی است که اعضای آن ممکن است تا اندازه‌ای متعلق به آن مجموعه باشند، برخلاف مجموعه‌های غیرفازی که یک عضو یا کاملاً داخل مجموعه است یا کاملاً خارج آن برای استنتاج فازی قوانین از طریق اتصال متغیرهای ورودی به خروجی و به شکل اگر... آنگاه... تعریف می‌شوند.
شبکه عصبی	چن، لین، کونگ، چونگ و ین <sup>۶</sup> ، ۲۰۱۹	شبکه‌های عصبی سیستم‌ها و روش‌های محاسباتی نوین برای یادگیری ماشینی، نمایش دانش و در انتها اعمال دانش به دست آمده در جهت پیش‌بینی پاسخ‌های خروجی از سامانه‌های پیچیده هستند. ایده اصلی این گونه شبکه‌ها تا حدودی الهام‌گرفته از شیوه کارکرد سیستم عصبی زیستی برای پردازش داده‌ها و اطلاعات به منظور یادگیری و ایجاد دانش است.
مدل فازی عصبی	جانگ <sup>۷</sup> ، ۱۹۹۱	نوعی شبکه عصبی مصنوعی است که براساس سیستم فازی تاکاگی-سوگو است. این شیوه در اوایل ۱۹۹۰ ایجاد شده و چارچوب محاسباتی بر مبنای مفهوم مجموعه‌های فازی و قواعد استنتاجی است. از آنجایی که این سیستم، شبکه‌های عصبی و مفاهیم منطق فازی را یکی می‌کند، می‌تواند از امکانات هر دو آن‌ها در یک قاب بهره برد. سیستم استنتاج آن مطابق با مجموعه قوانین فازی اگر-آنگاه است که قابلیت یادگیری برای تقریب زدن توابع غیرخطی را دارد.

1. Altman
2. Beaver
3. Holland
4. Zadeh
5. Asmuni
6. Chen, Lin, Kung, Chung & Yen
7. Jang



## ادامه جدول ۳

مدل	پژوهشگر	توضیحات
مدل استدلال مبتنی بر مورد	خرمی، تقوی فرد و خاتمی فیروزآبادی، ۱۳۹۹	دقت مدل CBR نسبت به سایر روش‌های اعتبارسنجی و رتبه‌بندی مشتریان بانک بیشتر است. استفاده از مدل CBR در قالب اعتبارسنجی مشتریان، نتایجی به مراتب بهتر از عملکرد کارشناسان بخش اعتباری بانک عامل که به روش قضاوتی و بر اساس تجربه به پیش‌بینی نکول یا عدم نکول مشتریان می‌پردازند، حاصل نموده است که نشان دهنده کارایی بالای مدل مورد استفاده پژوهش در مقایسه با مدل مورد استفاده بانک و کارشناسان اعتبارسنجی می‌باشد. CBR منجر به طراحی سیستمی خیره، متخصص و هوشمند شده و علاوه بر ذخیره داده‌ها در بانک اطلاعاتی، مدل‌ها و الگوهایی را برای استفاده ذخیره می‌کند.
شبکه جدید SVM	لی <sup>۱</sup> ، ۲۰۰۸	شبکه جدید SVM برای ارزیابی مشتریان بانکی و مقایسه آن با شبکه پرسپترون چندلایه استفاده می‌شود. SVM به‌عنوان یکی از بهترین انواع شبکه‌های عصبی مصنوعی در ارتباط با مسائل کلاس‌بندی و پیش‌بینی به علت ویژگی ممتاز آن در بهینه‌سازی عمومی و عملکرد تعمیمی، معرفی می‌شود.
ماشین بردار پشتیبان	چن و لی <sup>۲</sup> ، ۲۰۱۰	مشتریان به دو طبقه خوش‌حساب و بدحساب از طریق ماشین بردار پشتیبان دسته‌بندی می‌شوند.

منبع: جمشیدی، ۱۳۸۳؛ شریعت پناهی، ۱۳۸۷

در مدل فازی - عصبی، سیستم استنتاج فازی با دانش انسانی ترکیب شده و علم استنتاج را انجام داده و تصمیم می‌گیرد و سپس شبکه‌های عصبی، الگوها را شناسایی نموده و عمل استنتاج را انجام می‌دهند و در نهایت تصمیم گرفته می‌شود (ترجمه ستایشی و شمشیربند، ۱۳۹۰).

تفاوت اصلی سیستم خیره و دیگر نرم‌افزارها این است که در آن‌ها به جای پردازش داده و اطلاعات، دانش را پردازش می‌کنند (دارلینگتون<sup>۳</sup>، ۲۰۰۰). تکنولوژی سیستم خیره یک پشتیبان ضروری و لازم برای وام‌های تجاری است که منجر به بهبود کارایی نهاد مالی و کیفیت تصمیم‌های مرتبط با وام و در نهایت مزیت رقابتی آن‌ها می‌شود (شائو<sup>۴</sup>، ۱۹۹۸).

مطالعات زیادی در زمینه اعتبارسنجی و رتبه‌بندی اعتباری مشتریان با انواع مدل‌های معرفی شده مانند شبکه عصبی، رگرسیون، سیستم خیره فازی و غیره انجام شده است. جدول ۴، خلاصه پژوهش‌های پیشین انجام شده در این زمینه را نشان می‌دهد:

1. Lee
2. Chen & Li
3. Darlington
4. Shao

جدول ۴. پژوهش‌های پیشین بررسی شده

پژوهشگر	روش	هدف
آلتن، ۱۹۸۶	نمره Z	پیش‌بینی ورشکستگی
عبدو <sup>۱</sup> ، ۲۰۰۹	شبکه عصبی	تعیین رتبه اعتباری
جاکوبسن و روزبیچ <sup>۲</sup> ، ۲۰۰۳	رگرسیون پروبیت	رتبه‌بندی اعتباری و ارزش در معرض ریسک
چن و لی، ۲۰۱۰	ماشین بردار پشتیبان	دسته‌بندی مشتریان به دو طبقه خوش‌حساب و بدحساب
دهمرد، شهرکی، سیفال‌الدین پور و اسفندیاری، ۱۳۹۱	رگرسیون لجستیک	اعتبارسنجی مشتریان بانک با رویکرد امتیازدهی اعتباری
فلاح شمس، مهدوی راد، ۱۳۹۱	لاجیت و پروبیت	طراحی مدل اعتبارسنجی مشتریان تسهیلات لیزینگ
برزده، تقوی فرد، ۱۳۹۲	سیستم خبره فازی	ارزیابی اعتباری مشتریان شرکت‌های تجاری
محمدی، یوسف اقدام، ۱۳۹۳	شبکه عصبی	اعتبارسنجی مشتریان بانک
فلاح پور و ارم، ۱۳۹۵	الگوریتم مورچگان	پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها
اقبال، رضوی حاجی آقا و عموزادمه‌دیجی، ۱۳۹۵	الگوریتم ژنتیک	ارزیابی مقایسه‌ای عملکرد توابع شایستگی الگوریتم ژنتیک در رتبه‌بندی مشتریان
ملا ابراهیم‌لو، ۱۳۸۴	رگرسیون پروبیت	رتبه‌بندی مشتریان بانک
حسینی، ۱۳۹۴	سیستم امتیازدهی اعتباری مبتنی بر ماشین بردار پشتیبانی	مدیریت ریسک اعتباری در بانک‌ها و مؤسسه‌های مالی
شریعت پناهی، ۱۳۸۷	مدل تحلیل تمایزی چندمتغیره	اعتبارسنجی مشتریان بانک
تم و کیانگ <sup>۳</sup> ، ۱۹۹۲	شبکه‌های عصبی مصنوعی	پیش‌بینی احتمال نکول بانک
راعی و ابوزر، ۱۳۹۱	لاجیت و پروبیت	اعتبارسنجی مشتریان حقوقی کوچک و متوسط بانکها
دانش، ۱۳۹۶	شبکه عصبی	طراحی مدل اعتبارسنجی مشتریان بانک
حیدرپور و کارذبحی، ۱۳۸۸	لاجیت	طراحی الگویی جهت اعتبارسنجی مشتریان حقوقی بانک
صوفی مجیدپور و موسوی، ۱۳۹۴	شبکه‌های عصبی	طراحی مدل اعتبار سنجی و پیش‌بینی ریسک اعتباری مشتریان بانک‌ها
ابدالی محمدی و علیوند، ۱۳۹۵	منطق فازی	روش اعتبار سنجی مشتریان بانک

منبع: شریعت پناهی، ۱۳۸۷؛ برزده و تقوی فرد، ۱۳۹۲

همان‌طور که در جدول بالا نشان داده شده است، روش‌های مختلفی از جمله رگرسیون، سیستم خبره فازی و شبکه‌های عصبی در زمینه رتبه‌بندی اعتباری توسعه یافته‌اند.

1. Abdou
2. Jacobson & Roszbach
3. Tam & Kiang

## روش‌شناسی پژوهش

هدف اصلی از انجام این پژوهش، ارائه مدلی برای تعیین شیوه رفتار در اخذ تضامین (وثایق ملکی و/یا ضمانت‌نامه بانکی) از شرکت‌های کوچک و متوسط فناور متقاضی تسهیلات است تا تضامینی متناسب با ارزیابی‌های صورت گرفته، اخذ شده و در عین حال، نهاد تأمین مالی ریسک معقولی را بپذیرد و همچنین سعی شده مدلی یادگیرنده ارائه شود تا بتواند در طی زمان بهبود و تکامل یابد.

در این پژوهش با بهره‌گیری از مدل فازی - عصبی، نتایج نظرهای خبرگان به‌صورت فازی مدل شده و نتایج حاصل از آن برای یادگیری و استفاده از مدل عصبی در نرم‌افزار متلب با توجه به سه الگوریتم هوش مصنوعی، آزمون و آموزش داده شد تا بتوان بهترین مدل با کمترین خطا را برای بهره‌گیری در نهاد تأمین مالی به‌منظور اتخاذ شیوه رفتار مناسب در اخذ تضامین از متقاضیان فناور انتخاب نمود. با استفاده از فرمول کوکران و به روش نمونه‌گیری تصادفی تعداد ۱۰۳ شرکت از میان شرکت‌های دانش‌بنیان نوپا و تولیدی دارای درخواست تسهیلات از صندوق نوآوری و شکوفایی که در زمان تدوین مقاله به مرحله بازپرداخت تسهیلات خود رسیده بودند، انتخاب شد. خبرگان متشکل از ۱۵ نفر در حوزه‌های مالی و بانکی، کسب و کار، علم و فناوری و حقوقی بودند و در هنگام انتخاب خبرگان سعی بر آن بوده تا از تمام حوزه‌های مرتبط، متخصص و فعالانی که کاملاً آشنا به فرایندهای اعطای تسهیلات به شرکت‌های دانش‌بنیان و فناور و نیازمندی‌های کسب و کارهای حوزه فناوری و نوآوری بوده و همچنین محدودیت‌های سازمان‌های مالی را نیز بشناسند، حضور داشته باشند. خبرگان با تکیه بر شواهد و تجربه‌های خود با استفاده از واژه‌های کلامی، اقدام به توصیف وضعیت شرکت و طرح و پیش‌بینی از احتمال بازپرداخت تسهیلات اخذ شده، شرکت نمودند. در گام نخست با مرور ادبیات و بررسی‌های صورت گرفته و با کمک نظر خبرگی، نتایج ارزیابی در قالب شاخص‌های تعریف شده، تعیین شدند. شاخص ارزش راهبردی طرح در جلسه‌های خبرگی به دلیل اهمیت طرح‌های فناورانه شرکت‌های کوچک و متوسط و لزوم توجه به توسعه فناوری در کشور به شاخص‌های مطالعه شده اضافه شد و با توجه به نظرهای خبرگان، هر شاخص طیف‌بندی شده و سپس نتایج وضعیت ارزیابی، در دو معیار «نتایج ارزیابی طرح» و «نتایج ارزیابی شرکت»، به‌صورت طیف (از عالی تا خیلی بد) با به‌کارگیری سیستم خبره فازی توسط خبرگان امتیازدهی شد. نظرهای خبرگان جهت ایجاد پایگاه دانش مبتنی بر قوانین فازی، اخذ شده و در پایگاه قوانین سیستم فازی متلب اعمال شد. خبرگان به‌منظور شفاف‌سازی و مشخص کردن روند اجرایی در مراحل آتی، تعاریفی مشخص از شیوه رفتار در اخذ تضامین از متقاضیان اخذ تسهیلات را ارائه نمودند.

نکته شایان توجه در این مدل، به‌کارگیری ترکیب سیستم فازی و شبکه عصبی برای اعتبارسنجی شرکت‌های کوچک و متوسط فناور است. شبکه‌های عصبی و سیستم‌های فازی به‌عنوان تقریب‌گرهای عمومی شناخته شده که می‌توانند هر تابع غیرخطی داده شده را به شرط وجود تعداد کافی از نرون در لایه میانی و قواعد فازی با دقت مورد نظر تخمین بزنند. پژوهش‌های اخیر در زمینه شبکه‌های عصبی و سیستم‌های فازی نشان دهنده این مسئله است که ترکیب این دو روش در زمینه شناسایی سیستم‌های غیرخطی بسیار مؤثر است (شریفی، علیاری شوره دلی و تشنه لب، ۱۳۸۹).

در زمان طراحی سیستم فازی به دلیل آنکه تعداد ورودی‌ها و توابع عضویت در نظر گرفته شده برای هر ورودی زیاد بود، سه سیستم فازی تعریف شد. طبق پژوهش‌های صورت گرفته، معیارهای مشخص شده در ارزیابی شرکت‌های کوچک و متوسط در ۵ دسته جای گذاری شد و به دلیل فنوار بودن شرکت‌های مورد مطالعه و در جلسه‌های خبرگی برگزار شده، معیاری با عنوان شاخص راهبردی طرح به این ۵ دسته اضافه شد.

با به‌کارگیری مزایای منطق فازی و سیستم‌های خبره، یک سیستم خبره فازی برای ارزیابی طرح و شرکت ارائه شده که با بهره‌گیری از روش استنتاج ممدانی و فازی‌سازی ورودی‌ها و فازی‌زدایی خروجی‌ها، در نهایت احتمال بازپرداخت شرکت را مشخص نموده و برای تصمیم‌گیری در مورد شیوه رفتار با شرکت و اخذ تضامین (وثایق ملکی و/یا ضمانت‌نامه بانکی) طبقه‌بندی ارائه داده است. پس از پیاده‌سازی سیستم خبره فازی، با کمک روش شبکه عصبی نسبت به بهبود داده‌های به‌دست آمده از خروجی‌های سیستم خبره فازی اقدام شد. شکل ۱ گام‌های اجرایی پژوهش را نشان می‌دهد.



شکل ۱. مراحل اجرای پژوهش

### اجرای روش تحقیق

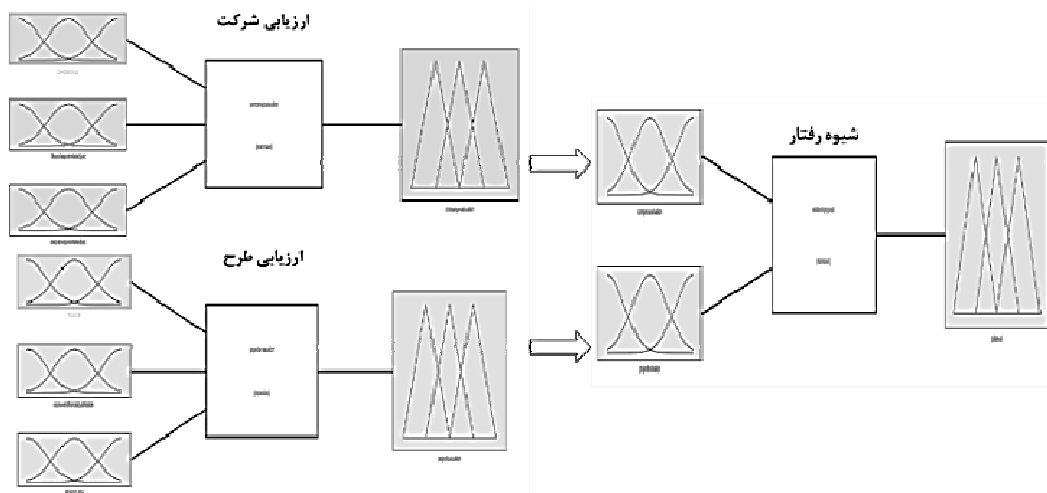
در گام نخست، با مرور ادبیات و بررسی‌های صورت گرفته (جدول‌های ۲، ۳ و ۴) و با کمک نظر خبرگی، نتایج ارزیابی در قالب شاخص‌های تعریف شده مطابق جدول ۵ تعیین شدند. شاخص ارزش راهبردی طرح در جلسه‌های خبرگی به دلیل

اهمیت طرح‌های فناورانه شرکت‌های کوچک و متوسط و لزوم توجه به توسعه فناوری در کشور به شاخص‌های مطالعه شده، اضافه شد و با توجه به نظرهای خبرگان هر شاخص طیف‌بندی شده و سپس نتایج وضعیت ارزیابی، در دو معیار «نتایج ارزیابی طرح» و «نتایج ارزیابی شرکت»، به صورت طیف، از عالی تا خیلی بد، با به‌کارگیری سیستم خبره فازی توسط خبرگان امتیازدهی شده است.

جدول ۵. معیارهای ارزیابی

عنوان	شاخص	تعریف
شاخص‌های ارزیابی طرح	امکان‌پذیری فنی	احتمال موفقیت اجرای طرح از نظر فنی است که مبتنی بر گزارش ارزیابی مطابق طیف زیر تعیین می‌شود: اثبات شده، کاملاً امکان‌پذیر، تا حدی امکان‌پذیر، به سختی ممکن، غیرممکن
	توجیه مالی اقتصادی	عبارت است از توانمندی و پتانسیل طرح برای سودآوری که مبتنی بر گزارش ارزیابی مطابق طیف زیر تعیین می‌شود: خیلی زیاد، زیاد، سربه سر، پایین، اصلاً ندارد
	ارزش راهبردی طرح	ارزشمندی طرح در حل مسائل اساسی کشور، جریان‌سازی و توسعه فناوری‌های جدید و غیره که مبتنی بر گزارش ارزیابی که مطابق طیف زیر تعیین می‌شود: خیلی ارزشمند، ارزشمند، تا حدودی
شاخص‌های ارزیابی شرکت	رفتار اعتباری	سطح اعتماد و سوابق رفتاری شرکت و اعضای کلیدی در بازپرداخت بدهی‌ها و اقساط قبلی و جاری است که مبتنی بر گزارش ارزیابی در ۵ سطح از طیف A: ریسک خیلی پایین افراد حقیقی و حقوقی تا E: ریسک خیلی بالای افراد حقیقی و حقوقی و با توجه به استعلام رتبه اعتباری تعیین می‌شود.
	توان مالی	منظور توانایی مالی شرکت در اجرای طرح و پیش‌بینی تاب‌آوری شرکت در صورت عدم موفقیت طرح است که مبتنی بر گزارش ارزیابی مطابق طیف زیر تعیین می‌شود: بیش از نیاز طرح، در حد نیاز طرح، کمتر از نیاز طرح
	توان مدیریتی و اجرایی	توانمندی شرکت در اجرای طرح و انجام عملیات از نظر ساختارهای مدیریتی، نیروی انسانی، زیرساخت‌های فنی و پشتیبانی است که مبتنی بر گزارش ارزیابی مطابق طیف زیر تعیین می‌شود: بیش از نیاز طرح، در حد نیاز طرح، کمتر از نیاز طرح

شیوه رفتار و خروجی به جز رد درخواست مشتری، در ۵ طیف خیلی سهل‌گیرانه تا خیلی سخت‌گیرانه تعریف شده است. در گام دوم، با برگزاری نشست‌های طوفان فکری و بر اساس نظر خبرگان، متغیرهای زبانی و مجموعه‌های فازی تعریف شده است. در گام سوم و به منظور ترکیب دو سیستم فازی تعریف شده توسط خبرگان و به‌کارگیری متغیرهای خروجی این دو سیستم به‌عنوان متغیر ورودی سیستم نهایی در نرم‌افزار متلب، کد برنامه‌نویسی برای ترکیب سیستم فازی نوشته شد.



شکل ۲. سیستم خبره فازی

توابع عضویت ورودی توسط خبرگان طیف‌بندی شده‌اند و جداول ۶ و ۷ طیف‌های معیارهای ارزیابی طرح و شرکت در سیستم خبره فازی که توسط خبرگان مشخص شده است را نشان می‌دهد.

جدول ۶. توابع عضویت ورودی ارزیابی طرح

معیارهای ارزیابی طرح	طیف	بازه فازی
امکان‌پذیری فنی	اثبات شده	[۱۰/۶۲, ۱۰۰]
	کاملاً امکان‌پذیر	[۱۰/۶۲, ۷۵]
	تا حدی امکان‌پذیر	[۱۰/۶۲, ۵۰]
	به سختی ممکن	[۱۰/۶۲, ۲۵]
	غیرممکن	[۱۰/۶۲, -۲/۲۲e-۱۶]
توجه مالی اقتصادی	خیلی زیاد	[۱۰/۶۲, ۱۰۰]
	زیاد	[۱۰/۶۲, ۷۵]
	سربه سر	[۱۰/۶۲, ۵۰]
	پایین	[۱۰/۶۲, ۲۵]
	اصلاً ندارد	[۱۰/۶۲, -۲/۲۲e-۱۶]
ارزش راهبردی طرح	خیلی ارزشمند	[۱۶/۹۹, ۱۰۰]
	ارزشمند	[۱۶/۹۹, ۵۰]
	تا حدودی	[۱۶/۹۹, -۴/۴۴۱e-۱۶]

شایان ذکر است که بازه فازی با توجه به نظر خبرگان و بر اساس طیف‌های مشخص شده، تعیین شده است.

جدول ۷. توابع عضویت ورودی ارزیابی شرکت

بازه فازی	طیف	معیارهای ارزیابی شرکت
[۶۰, ۱۰۰, ۱۴۰]	بیش از نیاز طرح	توان مالی توان مدیریتی اجرایی
[۱۰, ۵۰, ۹۰]	در حد نیاز طرح	
[-۴۰, ۰, ۴۰]	کمتر از نیاز طرح	
[۷۵, ۱۰۰, ۱۲۵]	A	رفتار اعتباری
[۵۰, ۷۵, ۱۰۰]	B	
[۲۵, ۵۰, ۷۵]	C	
[۰, ۲۵, ۵۰]	D	
[-۲۵, ۰, ۲۵]	E	

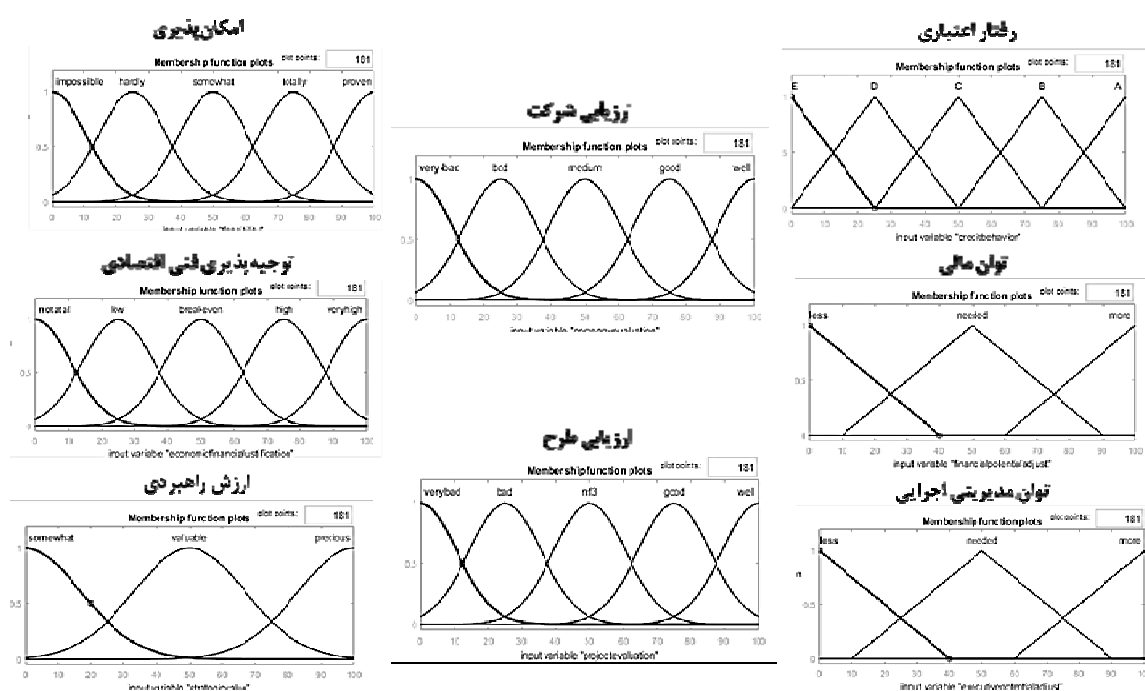
در ارتباط با جدول ۷ لازم به توضیح است که در گام اول و به منظور ارزیابی مبتنی بر نظر کارشناسان با توجه به منطق فازی، معیارها به صورت کلی‌تر در این جا ارائه شده است، اما با توجه به فاکتورهای زیرمجموعه‌ای چون دارایی، درآمد، سود و نسبت جاری، تناسب نیروی انسانی و زیرساخت‌های فنی، تجارب مشابه شرکت و رتبه‌بندی اعتباری حقیقی و حقوقی و سابقه چک برگشتی و غیره، معیارهای مالی و اعتباری بررسی شده و با توجه به ارزیابی، یکی از گزینه‌های طیف، انتخاب می‌شود. در گام بعدی، سعی بر آن است که با استانداردسازی و کمی نمودن زیرمجموعه معیارها به دقت هرچه بیشتر مدل، کمک شود. جدول ۸، طیف ارزیابی طرح و شرکت را که توسط خبرگان در سیستم خبره فازی تعریف شده است، نشان می‌دهد.

جدول ۸. توابع عضویت خروجی ارزیابی شرکت و ارزیابی طرح

بازه فازی	طیف	معیارها
[۱۰/۶۲, -۲/۲۲۵-۱۶]	خیلی بد	ارزیابی شرکت ارزیابی طرح
[۱۰/۶۲, ۲۵]	بد	
[۱۰/۶۲, ۵۰]	متوسط	
[۱۰/۶۲, ۷۵]	خوب	
[۱۰/۶۲, ۱۰۰]	خیلی خوب	

طیف‌های مشخص شده در نرم‌افزار متلب رسم شده و نتایج آن در شکل ۳ قابل مشاهده است. شکل ۳، نمودار

توابع عضویت ورودی سه سیستم خبره فازی تعریف شده را نشان می‌دهد.



شکل ۳. توابع عضویت ورودی سه سیستم خبره فازی

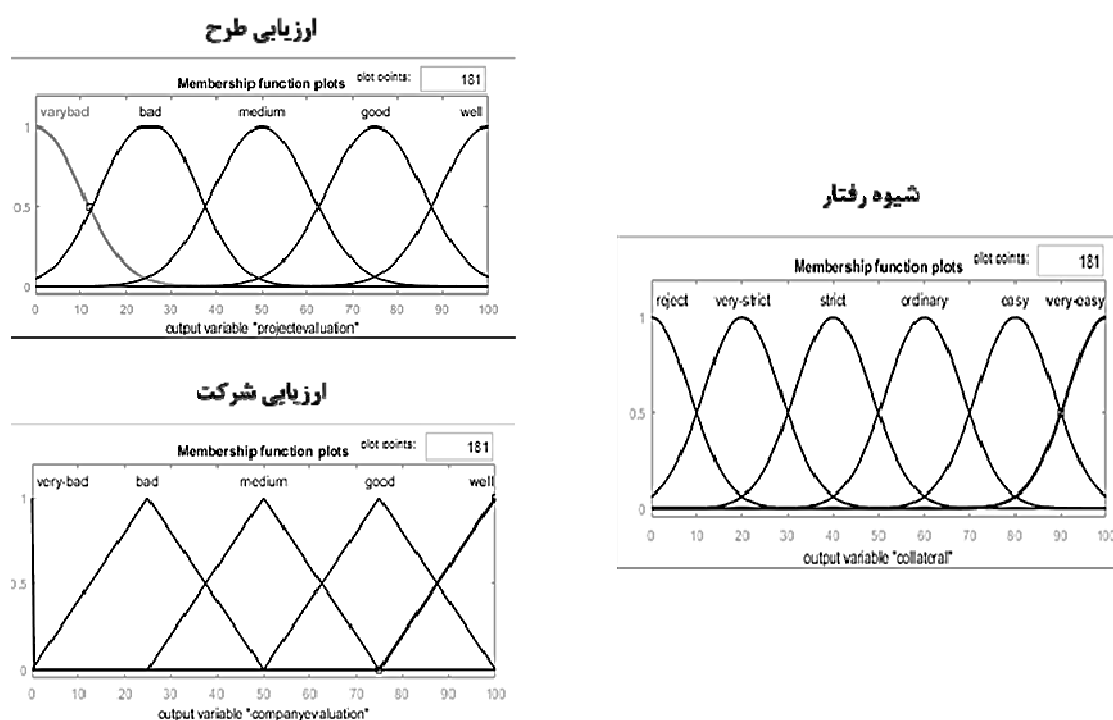
به دلیل سادگی محاسبه‌ها از فازی‌ساز مثلثی و گوسی برای تعریف توابع عضویت ورودی در این پژوهش استفاده شد. توابع عضویت خروجی با طیف‌های مشخص شده مطابق جدول ۹ تعریف شده است.

جدول ۹. توابع عضویت خروجی

بازه فازی	طیف	معیارها
$[۱۰/۶۲, -۲/۲۲e-۱۶]$	خیلی بد	ارزیابی طرح
$[۹/۷۷, ۲۳/۹۴, ۹/۳۱, ۲۶/۶]$	بد	
$[۱۰/۶۲, ۵۰]$	متوسط	
$[۱۰/۶۲, ۷۵]$	خوب	
$[۱۰/۶۲, ۱۰۰]$	خیلی خوب	
$[۰, ۰, ۰]$	خیلی بد	ارزیابی شرکت
$[۰, ۲۵, ۵۰]$	بد	
$[۲۵, ۵۰, ۷۵]$	متوسط	
$[۵۰, ۷۵, ۱۰۰]$	خوب	
$[۷۵, ۱۰۰, ۱۲۵]$	خیلی خوب	
$[۸/۴۹۳, -۲/۲۲e-۱۶]$	رد	شیوه رفتار
$[۸/۴۹۳, ۲۰]$	خیلی سخت‌گیرانه	
$[۸/۴۹۳, ۴۰]$	سخت‌گیرانه	
$[۸/۴۹۳, ۶۰]$	معمولی	
$[۸/۴۹۳, ۸۰]$	سهل‌گیرانه	
$[۸/۴۹۳, ۱۰۰]$	خیلی سهل‌گیرانه	



شکل ۴ توابع عضویت خروجی، ارزیابی طرح، شرکت و شیوه رفتار را که با توجه به نظر خبرگان در نرم‌افزار متلب پیاده‌سازی شده است، نشان می‌دهد. سه تابع عضویت خروجی برای سه سیستم خبره فازی تعریف شده توسط خبرگان تعریف شده است. دو تابع عضویت خروجی مربوط به سیستم‌های خبره فازی ارزیابی طرح و ارزیابی شرکت از طیف خیلی بد تا خیلی خوب تعریف شده است. تابع عضویت خروجی شیوه رفتار که از طیف رد تا خیلی سخت‌گیرانه تعریف شده است، نتیجه سیستم خبره فازی است که خروجی دو سیستم خبره فازی ارزیابی طرح و شرکت به‌عنوان تابع عضویت ورودی آن عمل می‌کنند.



شکل ۴. توابع عضویت خروجی سه سیستم خبره فازی

از دو تابع عضویت مثلثی و گوسی برای تعریف توابع عضویت خروجی و سیستم استنتاج فازی ممدانی به دلیل متداول‌تر بودن برای این پژوهش استفاده شد. استنتاج‌های نوع ممدانی مستلزم آن است که تابع عضویت خروجی، مجموعه فازی باشد و روش ممدانی در مورد ورودی‌های تعریف شده توسط فرد خبره و با توجه به شهودی بودن روش مناسبی است (انواری رستمی، بقایی، قربانی و معصومی، ۱۳۹۰). نظرهای خبرگان جهت ایجاد پایگاه دانش مبتنی بر قوانین فازی، اخذ شده و مطابق با جداول ۱۰ و ۱۱ ارائه و در پایگاه قوانین سیستم فازی متلب ایجاد شد. خروجی دو سیستم فازی مربوط به ارزیابی طرح و ارزیابی شرکت که در جداول ۱۰ و ۱۱ نمایش داده شده است، منجر به ایجاد سیستم خبره فازی دیگری برای مشخص نمودن شیوه رفتار نهاد تأمین مالی در اخذ تضامین (وثایق ملکی و/یا ضمانت‌نامه بانکی) از متقاضی شد.

جدول ۱۰. ماتریس نظرهای خبرگی در مورد نتیجه ارزیابی شرکت جهت ایجاد پایگاه دانش مبتنی بر قوانین فازی

رفتار اعتباری	توان مالی	توان مدیریتی اجرایی		
		بیش از نیاز	در حد نیاز	کمتر از نیاز
A	بیش از نیاز	عالی	عالی	خوب
	در حد نیاز	عالی	خوب	متوسط
	کمتر از نیاز	خوب	متوسط	متوسط
B	بیش از نیاز	عالی	خوب	متوسط
	در حد نیاز	خوب	متوسط	متوسط
	کمتر از نیاز	متوسط	متوسط	بد
C	بیش از نیاز	خوب	متوسط	متوسط
	در حد نیاز	متوسط	متوسط	بد
	کمتر از نیاز	متوسط	متوسط	بد
D	-	خیلی بد		
E				

جدول ۱۱. ماتریس نظرهای خبرگی در مورد نتیجه ارزیابی طرح جهت ایجاد پایگاه دانش مبتنی بر قوانین فازی

امکان‌پذیری فنی	ارزش راهبردی طرح	توجیه مالی اقتصادی			
		خیلی زیاد	زیاد	سربه‌سر	پایین
اثبات شده	بسیار ارزشمند	عالی	عالی	خوب	خیلی بد
	ارزشمند	عالی	خوب	متوسط	
	تا حدودی	خوب	متوسط	بد	
کاملاً امکان‌پذیر	بسیار ارزشمند	عالی	خوب	متوسط	خیلی بد
	ارزشمند	خوب	خوب	متوسط	
	تا حدودی	خوب	متوسط	بد	
تا حدی امکان‌پذیر	بسیار ارزشمند	عالی	خوب	متوسط	خیلی بد
	ارزشمند	خوب	متوسط	بد	
	تا حدودی	متوسط	متوسط	بد	
به سختی ممکن	بسیار ارزشمند	خوب	متوسط	بد	خیلی بد
	ارزشمند	متوسط	متوسط	بد	
	تا حدودی	بد	بد	بد	
غیرممکن	بسیار ارزشمند	خیلی بد			خیلی بد
	ارزشمند				
	تا حدودی				

پس از اخذ نظرهای خروجی دو سیستم فازی مربوط به ارزیابی طرح و ارزیابی شرکت، سیستم خبره فازی دیگری برای مشخص نمودن شیوه رفتار نهاد تأمین مالی در اخذ تضامین (وثایق ملکی و/یا ضمانتنامه بانکی) از متقاضی طراحی شد که به همین منظور ماتریسی از نظرهای خبرگان جهت طراحی پایگاه قوانین در جدول ۱۲ ارائه شد.

جدول ۱۲. ماتریس نظرهای خبرگی در مورد شیوه رفتار در اخذ تضامین از متقاضیان

ارزیابی شرکت					طیف	
خیلی بد	بد	متوسط	خوب	عالی		
رد	سخت گیرانه	معمولی	خیلی سهل گیرانه	خیلی سهل گیرانه	عالی	ارزیابی طرح
	خیلی سخت گیرانه	معمولی	سهل گیرانه	خیلی سهل گیرانه	خوب	
	خیلی سخت گیرانه	سخت گیرانه	معمولی	سهل گیرانه	متوسط	
	رد	خیلی سخت گیرانه	سخت گیرانه	سخت گیرانه	بد	
	رد				خیلی بد	

خبرگان به منظور شفاف سازی و مشخص کردن روند اجرایی در مراحل آتی، تعاریفی مشخص از شیوه رفتار در اخذ تضامین از متقاضیان تسهیلات را ارائه نمودند. جدول ۱۳، نوع تضامین (وثایق ملکی و/یا ضمانتنامه بانکی) را بر اساس دسته بندی شیوه رفتار با متقاضیان اخذ تسهیلات، با توجه به نظرهای خبرگان نشان می دهد.

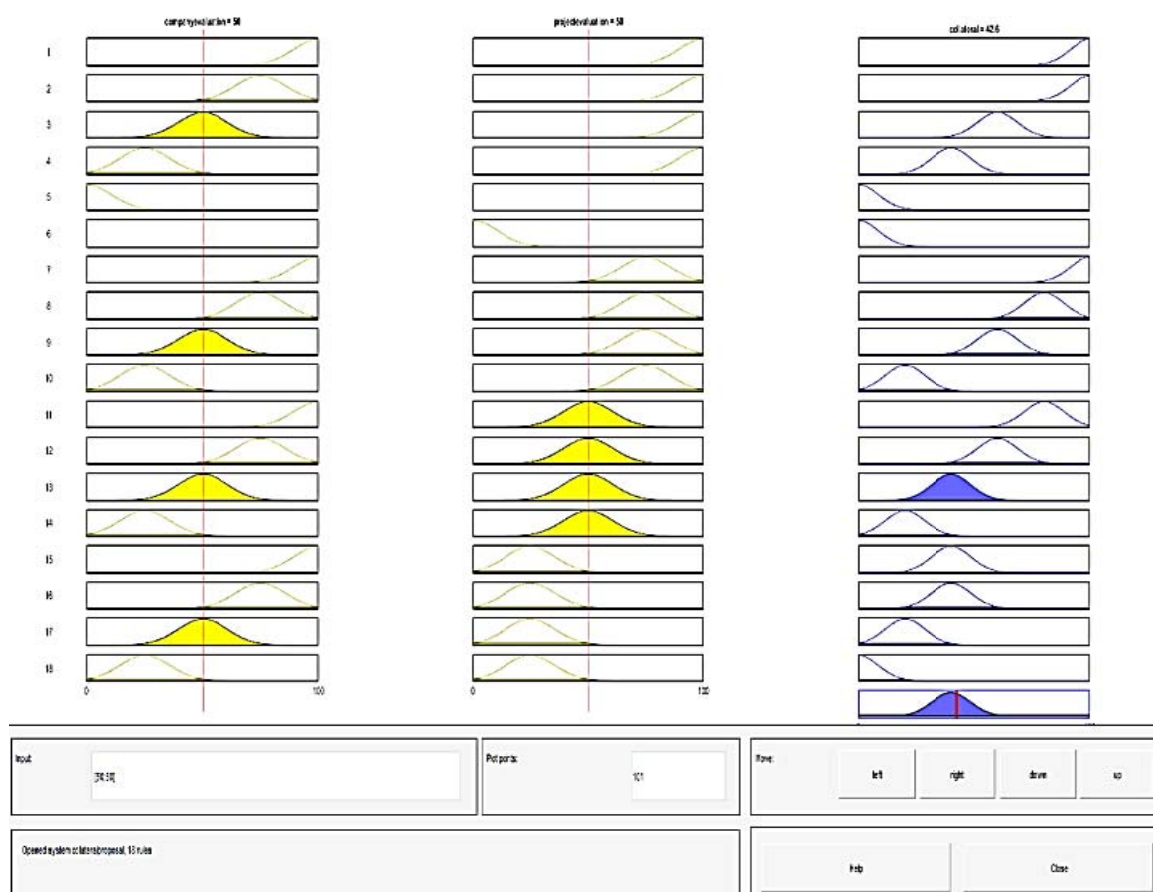
جدول ۱۳. پیشنهاد نوع تضامین (وثایق ملکی و/یا ضمانتنامه بانکی) با توجه به شیوه رفتار

پیشنهاد نوع تضامین	شیوه رفتار
حداقل ۸۰ درصد وثایق ملکی و/یا ضمانتنامه بانکی	خیلی سخت گیرانه
حداکثر ۶۰ تا ۸۰ درصد وثایق ملکی و/یا ضمانتنامه بانکی	سخت گیرانه
حداکثر ۴۰ تا ۶۰ درصد وثایق ملکی و/یا ضمانتنامه بانکی	معمولی
حداکثر ۲۰ تا ۴۰ درصد وثایق ملکی و/یا ضمانتنامه بانکی	سهل گیرانه
حداکثر ۲۰ درصد وثایق ملکی و/یا ضمانتنامه بانکی	خیلی سهل گیرانه

شایان ذکر است که این پیشنهادها طی جلسات کانونی برگزار شده با خبرگان و پس از اجماع نظرات، ارائه شده است.

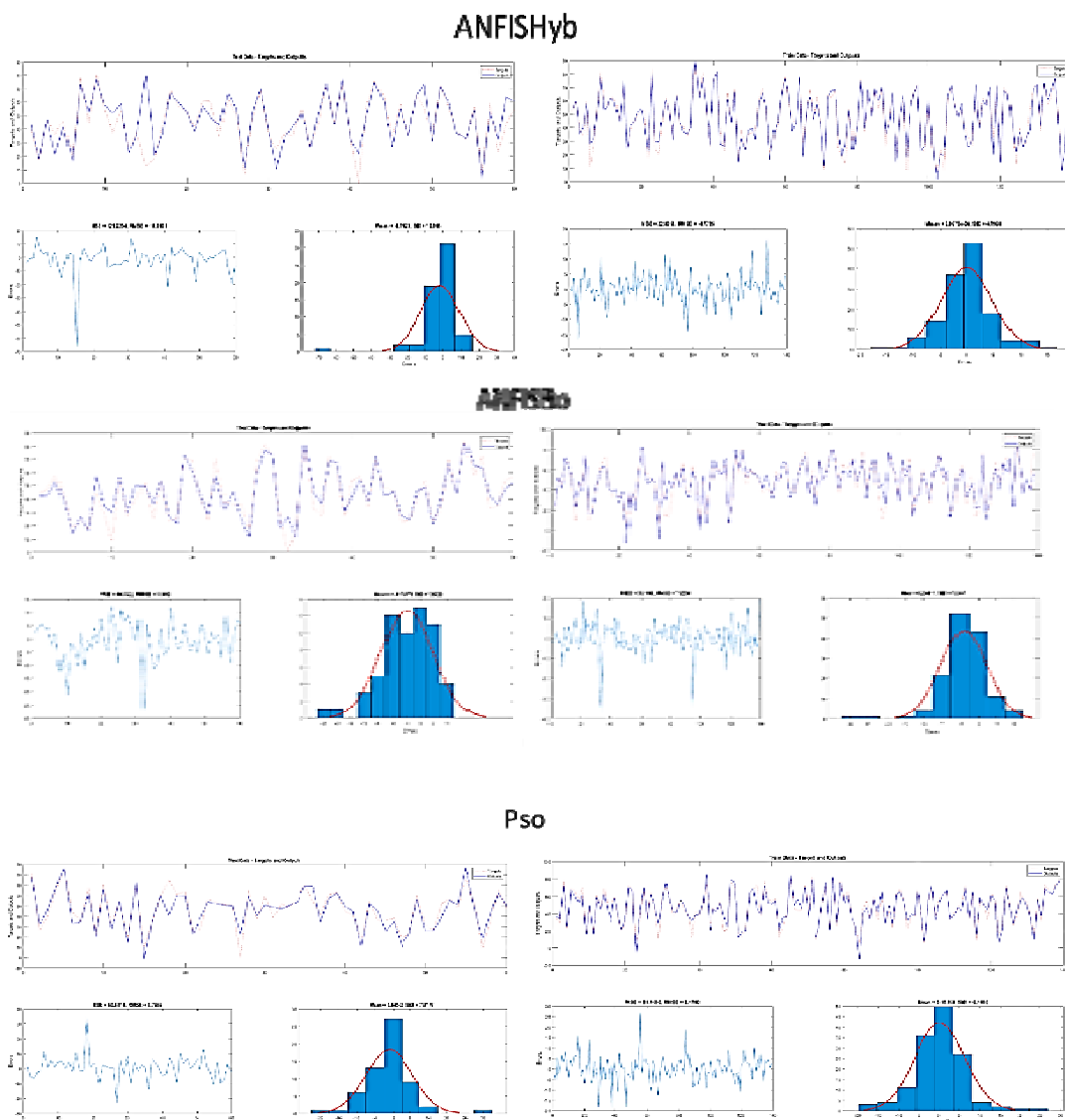
## یافته ها و نتایج پژوهش

در ادامه و پس از پیاده سازی توابع عضویت و پایگاه قوانین فازی، نتایج تبدیل متغیرهای کلامی مربوط به ماتریس نتیجه شیوه رفتار در اخذ تضامین (وثایق ملکی و/یا ضمانتنامه بانکی) از متقاضیان به اعداد فازی در نرم افزار متلب، در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۵. قوانین و نتایج تبدیل متغیرهای کلامی ماتریس حاصل از شیوه رفتار در اخذ تضامین از متقاضیان در سیستم خبره فازی طراحی شده در متلب

در گام بعد، ۲۰۰ داده تصادفی با توجه به خروجی سیستم خبره فازی به صورت تصادفی تولید شده و به منظور شناسایی بهترین الگوریتم شبکه عصبی برای آزمون و آموزش داده‌ها، اجرا شد. شبکه‌های عصبی تخمین‌گرهای مستقل از مدل بوده و قابلیت یادگیرنده در برخورد با عدم قطعیت‌ها و نویز دارند و شبکه‌ای که از این طریق به دست می‌آید می‌تواند روش‌های یادگیری شبکه عصبی را به منظور آموزش معیارهای خود، به کار گیرد. الگوریتم‌های شبکه عصبی مورد بررسی در این پژوهش و در نرم‌افزار متلب، سه الگوریتم ANFISHyb، ANFISBp و Pso هستند. نتایج آزمون و آموزش داده‌های تصادفی به دست آمده از خروجی سیستم خبره فازی در شکل ۶ به تفکیک هر الگوریتم شبکه عصبی، نشان داده شده است. هر الگوریتمی که خطای کمتری را نسبت به مدل ساخته شده، نشان دهد و RMSE کمتری داشته باشد، انتخاب بهینه‌تری برای ایجاد مدل طراحی شده، خواهد بود.



شکل ۶. نتایج آزمون و آموزش داده‌های تصادفی حاصل از سیستم خبره فازی طراحی شده به تفکیک الگوریتم‌های ANFISHyb، ANFISBp و Pso در شبکه عصبی

نتایج حاصل از پیاده‌سازی سیستم خبره فازی - عصبی مدل شده، در جدول زیر نشان داده شده است.

جدول ۱۴. نتایج آزمون و آموزش پیاده‌سازی سه الگوریتم شبکه عصبی با توجه به خروجی سیستم خبره فازی

RMSE		الگوریتم
آموزش	آزمون	
۴/۷	۱۱	ANFISHyb
۷/۶	۷/۵	ANFISBp
۶/۸	۷/۷	Pso

همان طور که از نتایج مشخص است، ۱ الگوریتم ANFISHyb نسبت به دو الگوریتم دیگر کمتر است و خطای کمتری را نشان می‌دهد. مجموع خطاهای هر نقطه را نسبت به مدل ساخته شده، محاسبه کرده و این موضوع، نوعی معیار برای خوب بودن مدل ساخته شده توسط الگوریتم ANFISHyb است.

در گام بعدی و پس از طراحی مدل سیستم خبره فازی - عصبی، به منظور ارزیابی و آزمون مدل طراحی شده و با توجه به جامعه آماری ۶۷۰ شرکت که در صندوق نوآوری و شکوفایی به مرحله بازپرداخت رسیدند، نمونه‌گیری آماری با توجه به فرمول کوکران و مقدار خطای ۰/۰۸۹ انجام شد و ۱۰۳ شرکت به عنوان نمونه برای ارزیابی مدل انتخاب، بررسی و ارزیابی شدند. سطح خطا با توجه به نظرات خبرگان در ابتدا ۰/۱ در نظر گرفته شد. با حجم نمونه ۸۴ شرکت، اما در جلسات خبرگی تصمیم بر آن شد که تعداد نمونه‌ها افزایش یافته و سطح خطا کاهش یابد. وام‌ها از نوع قرض‌الحسنه، سرمایه در گردش، تولید صنعتی و قبل از تولید صنعتی با نرخ و مبلغ‌های متفاوت بودند. اما در مدل فعلی با توجه به تناسب طرح و شرکت با نوع خدمت و مبلغ در معیارها، طیف‌بندی شده و در مدل قرار گرفته است. نکته دیگر آنکه بخشی که قبل از مدل اتفاق افتاده است، کارشناسان دیگری ارزیابی را انجام داده بودند، اما برای آزمون مدل و بررسی ۱۰۳ نمونه، خبرگان شامل کارشناسان و همچنین مشاوران بیرونی با توجه به تناسب طرح و شرکت با نوع خدمت و مبلغ، بررسی و ارزیابی لازم را انجام دادند.

این شرکت‌ها از میان شرکت‌های دانش‌بنیان نوپا و تولیدی دارای درخواست تسهیلات از صندوق نوآوری و شکوفایی که در زمان تدوین مقاله به مرحله بازپرداخت تسهیلات خود رسیده بودند، انتخاب شدند و بیشتر این شرکت‌ها از لحاظ ابعاد، کوچک و متوسط بودند. جدول ۱۵ نتایج مورد بررسی را نشان می‌دهد، ۱۰۰ درصد شرکت‌هایی که بررسی شدند و شیوه رفتار خیلی سهل‌گیرانه و سهل‌گیرانه داشتند، در عمل نیز رفتار مناسبی در بازپرداخت تسهیلات خود نشان داده و کمتر از ۲ ماه تسهیلات خود را تسویه نمودند. نکته قابل توجه این است که شیوه رفتار واقعی و فعلی با این شرکت‌ها برای اخذ تضامین نیز، بیشتر خیلی سهل‌گیرانه و سهل‌گیرانه بوده است.

جدول ۱۵. بررسی رفتار واقعی ۱۰۳ شرکت نمونه در بازپرداخت تسهیلات دریافتی از صندوق نوآوری و شکوفایی

مدت زمان بازپرداخت در واقعیت					شیوه رفتار پیشنهادی برای اخذ تضامین (وثایق ملکی و/یا ضمانت‌نامه بانکی)
بالای ۹ ماه	۶ تا ۹ ماه	۳ تا ۶ ماه	۲ تا ۳ ماه	زیر ۲ ماه	
۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۱۰۰٪	خیلی سهل‌گیرانه
۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۱۰۰٪	سهل‌گیرانه
۰٪	۰٪	۵٪	۶۳٪	۳۲٪	معمولی
۰٪	۰٪	۷۸٪	۲۲٪	۰٪	سخت‌گیرانه
۲۹٪	۷۱٪	۰٪	۰٪	۰٪	خیلی سخت‌گیرانه
۱۰۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	رد

در این مقاله پیشنهاد می‌شود، رفتار سهل‌گیرانه‌تری در اخذ تضامین از شرکت‌هایی که با توجه به ارزیابی طرح و شرکت، مطابق جدول ۱۲ در بخش خیلی سهل‌گیرانه قرار می‌گیرند، لحاظ شود (برای مثال، حدود ۸۰ درصد تضامین آن‌ها بتواند چک و سفته باشد و حداکثر ۲۰ درصد تضامین اخذ شده از آن‌ها ملکی و یا ضمانت‌نامه بانکی باشد). در جدول فوق، منظور از مدت زمان بازپرداخت، مدت زمانی است که پس از سررسید زمان بازپرداخت تسهیلات، شرکت اقساط تسهیلات خود را پرداخت نموده است. شرکت‌هایی که با توجه به مدل، امتیاز کمتر از ۸ کسب کردند و طبق مدل طراحی شده باید رد شوند نیز در عمل بازپرداخت بالای ۹ ماه داشته‌اند، حتی با وجود اینکه با ۸۷ درصدشان در عمل، رفتار سخت‌گیرانه و غیرسخت‌گیرانه شده و حداقل ۶۰ درصد وثیقه ملکی از آن‌ها اخذ شده است. میانگین وزنی بررسی ۱۰۳ شرکت و مقایسه نتایج پیش‌بینی شده، در ۸۵٪ از موارد نحوه عملکرد شرکت‌ها در بازپرداخت منابع به صورت صحیح تشخیص و تضامین متناسب با آن‌ها را (وثایق ملکی و/یا ضمانت‌نامه بانکی) پیشنهاد داده است. نکته قابل توجه در این مدل این است که متغیر بازپرداخت شرکت‌ها در زمان سررسید به‌عنوان متغیر یادگیرنده به مدل اضافه شده است. منظور از مدت زمان بازپرداخت، مدت زمانی است که پس از سررسید زمان بازپرداخت تسهیلات، شرکت اقساط تسهیلات خود را پرداخت نموده است و مدت زمان بازپرداخت مصوب نیست. در واقع جدول نشان می‌دهد که برای مثال شرکتی که در حال حاضر تعویق بلندمدت‌تری در بازپرداخت وام خود دارد، اگر طبق مدل بررسی می‌شد، باید سخت‌گیری در اخذ وثایق و تضامین آن به عمل می‌آمد.

### بحث و نتیجه‌گیری

از آنجا که از سویی قدرت تأمین تضامین توسط شرکت‌های کوچک و متوسط و به ویژه شرکت‌های فناور کوچک و متوسط کم است و از سویی دیگر ریسک‌پذیری نهادهای تأمین مالی پایین بوده، لذا احتمال عدم توانایی شرکت‌های کوچک و متوسط فناور در تأمین وثایق مورد درخواست نهادهای تأمین مالی افزایش می‌یابد و ممکن است در نتیجه‌ی عدم تأمین مالی مناسب، نرخ بقای این شرکت‌ها در فضای اقتصادی کشور کاهش یابد. بنابراین این پژوهش سعی در متعادل نمودن دو سوی این رابطه دارد تا علاوه بر مدیریت ریسک نهاد تأمین مالی، شرکت کوچک و متوسط نیز بتواند با اخذ تسهیلات لازم همراه با تضامین متناسب به فعالیت خود ادامه دهند. در معیارهای ارزیابی مشخص شده در این پژوهش با توجه به اهمیت شرکت‌های کوچک و متوسط فناور در توسعه اقتصادی کشور، معیار ارزش راهبردی طرح با توجه به نظر خبرگان اضافه شد. همچنین سعی شد تا مدلی برای اعتبارسنجی شرکت‌ها انتخاب شود که علاوه بر اخذ نظر خبرگان حوزه علم و فناوری و تأمین مالی، یادگیرنده نیز باشد.

مدل به‌کاررفته در این پژوهش، فازی - عصبی بوده که در بخش فازی آن سه سیستم خبره فازی با توجه به نظرهای خبرگان طراحی شده و خروجی مدل به‌عنوان ورودی شبکه عصبی و با توجه به سه الگوریتم ANFISHyb، ANFISBp و Pso استفاده شده و با مقایسه نتایج این سه الگوریتم، الگوریتم ANFISHyb به دلیل کمترین خطای جذر میانگین مربعات انتخاب شد و در نهایت با ارزیابی ۱۰۳ شرکت اخذکننده تسهیلات از صندوق نوآوری و شکوفایی و

به‌کارگیری مدل طراحی شده برای تعیین شیوه رفتار برای اخذ تضامین (وثایق ملکی و/یا ضمانت‌نامه بانکی) از آن‌ها و مقایسه با بازپرداخت تسهیلات اخذشده توسط این شرکت‌ها در واقعیت، صحت ۸۵ درصدی مدل نشان داده شد. از مزایای روش به‌کاررفته می‌توان به محاسبه‌های نرم‌افزاری با توجه به تخصص انسانی به شکل قانون اگر - آنگاه فازی، بهره‌گیری از روش‌های جدید بهینه‌سازی و یادگیرنده بودن و کاهش خطا اشاره نمود. از معایب روش به‌کاررفته می‌توان دقت نتایج و وابستگی آن‌ها به اندازه مجموعه آموزش را در مرحله آزمون و آموزش داده‌های شبکه عصبی برشمرد. همچنین در ارزیابی مجدد و برای آزمون مدل طراحی شده، نظر شخصی ارزیاب تأثیر زیادی در پیش‌بینی نرم‌افزار دارد. از دیگر معایب آزمون این مدل می‌توان به این نکته اشاره نمود که متغیر رفتار سخت‌گیرانه و خیلی سخت‌گیرانه در واقعیت می‌تواند تأثیر زیادی در بازپرداخت شرکت‌های مورد بررسی داشته و ممکن است به دلیل سخت‌گیری گذشته در واقعیت شرکت‌ها رفتار خوبی در بازپرداخت از خود نشان داده باشند. هرچند که در مورد پیش‌بینی رفتار خیلی سهل‌گیرانه و سهل‌گیرانه و در عمل، با بررسی نتایج، مشخص شد که ۱۰ درصد موارد پیش‌بینی رفتار خیلی سهل‌گیرانه و سهل‌گیرانه توسط نرم‌افزار، در واقعیت رفتار سخت‌گیرانه در اخذ تضامین (وثایق ملکی و/یا ضمانت‌نامه بانکی) با آن‌ها شده است ولی با این حال ۱۰۰ درصد پیش‌بینی رفتار سهل‌گیرانه و خیلی سخت‌گیرانه، در زمان کمتر از ۲ ماه بازپرداخت خود را انجام داده‌اند.

نتایج پیشنهادی نشان می‌دهد که اگر شرکت‌هایی که در زمان سررسید تسهیلات خود، اقدام به بازپرداخت خود ننموده‌اند، با توجه به مدل فعلی بررسی می‌شدند حتماً سخت‌گیری زیادی در اخذ تضامین از آن‌ها به عمل می‌آمد و یا بالعکس، شرکتی که طبق مدل در بخش خیلی سهل‌گیرانه قرار می‌گیرد، در عمل نیز خوش‌حساب است و لذا مدل پیشنهادی با توجه به آزمون انجام شده داده‌های گذشته، تایید شده است. اما در گذشته بدون در نظر گرفتن این مدل، ارزیابی انجام شده است. این مدل کمک به سنجش اعتبار شرکت‌های فناور به‌منظور پیشنهاد ارائه تضامین و وثایق لازم با توجه به ریسک شناسایی شده شرکت‌های فناور (متناسب با مشخصات طرح و شرکت) جهت اخذ تسهیلات و پیش‌بینی عملکرد آتی شرکت در بازپرداخت می‌کند. اطمینان از ارائه تسهیلات به شرکت‌های فناور دارای صلاحیت و شایستگی با تضامین و وثایق متناسب، ضمن کاهش ریسک اعطای تسهیلات در صندوق و کاهش نرخ نکول صندوق از اهداف این مدل است.

مدل معرفی شده در این پژوهش به‌عنوان مدل پایه در صندوق نوآوری و شکوفایی به‌عنوان نهاد تأمین مالی در زیست‌بوم نوآوری طراحی و اجرا خواهد شد. برای پژوهش‌های آتی، پیشنهاد می‌شود بعد از پیاده‌سازی این مدل و پس از گذشت مدت زمان مناسب برای بررسی نکول و بازپرداخت شرکت‌ها، نتایج واقعی را بررسی نمود. سازوکاری که برای اطمینان از قابل قبول بودن این مدل پیش از اجرای آن وجود دارد این است که این مدل به‌صورت آزمایشی، مورد ارزیابی و آزمون قرار خواهد گرفت. پس از بررسی یافته‌ها و در صورت رضایت از نتایج، مدل مذکور به‌صورت نهایی در صندوق، اجرایی خواهد شد. ضمن این که در حین اجرای آزمایشی نیز دوباره نظرات خبرگی با توجه به نتایج، اخذ شده و مورد مطالعه قرار خواهد گرفت.



## منابع

- ابدالی محمدی، فردین و علیوند، مصطفی (۱۳۹۵). مطالعه جامع اعتبار سنجی مشتریان بانک و ارائه یک روش اعتبار سنجی با تکنیک داده کاوی و منطق فازی، *اولین کنفرانس ملی رویکردهای نو در مهندسی برق و کامپیوتر*، خرم آباد.
- اقبال، علی؛ رضوی حاجی آقا، سیدحسین و عموزادمه‌دیجی، حنان (۱۳۹۶). ارزیابی مقایسه‌ای عملکرد توابع شایستگی الگوریتم ژنتیک در رتبه‌بندی مشتریان. *مدیریت صنعتی*، ۹(۲)، ۲۴۵-۲۶۴.
- انواری رستمی، علی اصغر؛ بقایی، وحید؛ قربانی، سعید و معصومی، جواد (۱۳۹۰). به‌کارگیری سیستم خبره فازی - آماری در آنالیز و مدیریت جریان‌های وجوه نقد تحت شرایط عدم اطمینان. *پژوهش‌های مدیریت منابع سازمانی*، ۱(۴)، ۱-۳۰.
- برزده، سید محمد و تقوی‌فرد، محمد (۱۳۹۲). طراحی و توسعه یک سیستم خبره فازی مبتنی بر قانون برای ارزیابی اعتباری مشتریان شرکت‌های تجاری (مورد مطالعه: شرکت توزیع و پخش البرز). *مدیریت بازرگانی*، ۵(۲)، ۱۷-۴۶.
- بیک‌زاده، جعفر؛ آقازاده، غلامرضا و آقازاده محمدرضا (۱۳۹۳). بررسی عوامل مؤثر بر ریسک اعتباری و اولویت‌بندی معیارهای امتیازدهی اعتباری (C6) مشتریان بانکی با تکنیک AHP: مطالعه موردی بانک ملی استان آذربایجان غربی. *روند (روند پژوهش‌های اقتصادی)*، ۲۱(۶۸)، ۱۲۱-۱۵۰.
- جمشیدی، سعید (۱۳۸۶). شیوه‌های اعتبارسنجی مشتریان، *پژوهشکده پولی و بانکی*، بانک مرکزی ایران.
- حسینی، وحید و دانشگر، وحید (۱۳۹۴). ارائه یک چارچوب جدید سیستم امتیازدهی اعتباری مبتنی بر ماشین بردار پشتیبان جهت مدیریت ریسک اعتباری در بانک‌ها و مؤسسات مالی، *کنفرانس بین‌المللی پژوهش در مهندسی، علوم و تکنولوژی، استانبول*.
- حیدرپور، فرزانه؛ کارذبحی، مصطفی (۱۳۸۸). طراحی الگویی جهت اعتبارسنجی مشتریان حقوقی بانک با استفاده از معیار C5. *دانش مالی تحلیل اوراق بهادار*، ۲(۲)، ۱۳۵-۱۵۴.
- خرمی، امیر؛ تقوی‌فرد، محمدتقی و خاتمی فیروزآبادی، محمدعلی (۱۳۹۹). ارزیابی ریسک اعتباری متقاضیان تسهیلات بانکی به روش استدلال مبتنی بر مورد (CBR). *فصلنامه علمی مطالعات مدیریت صنعتی*، ۱۸(۵۹)، ۷۹-۱۱۶.
- دانش، پژمان (۱۳۹۶). طراحی مدل رتبه‌بندی اعتباری مشتریان با رویکرد شبکه‌های عصبی (بررسی موردی بانک پارسیان)، *اولین کنفرانس بین‌المللی دستاوردهای نوین پژوهشی در مدیریت، حسابداری، اقتصاد و مهندسی صنایع با تأکید بر اقتصاد مقاومتی*، ساری.
- دهمرد، نظر؛ شهرکی، جواد؛ سیف‌الدین پور، سمیرا و اسفندیاری، مرضیه (۱۳۹۱). اعتبارسنجی مشتریان بانک با استفاده از رویکرد امتیازدهی اعتباری: مطالعه موردی شعب بانک سپه در زاهدان، *پژوهش‌های مدیریت عمومی*، ۵(۱۸)، ۱۳۵-۱۵۲.
- راعی، رضا و سروش، ابودر (۱۳۹۱). اعتبارسنجی مشتریان حقوقی کوچک و متوسط بانک‌ها با استفاده از مدل‌های لوجیت و پروبیت. *پژوهشنامه اقتصادی*، ۱۲(۴۴)، ۱۳۱-۱۴۵.
- شریعت پناهی، سید مجید (۱۳۸۷). ارائه مدلی برای اعتبارسنجی مشتریان در بانک صنعت و معدن. *مطالعات تجربی حسابداری مالی*، ۶(۲۱)، ۶۱-۸۲.

- شریفی، آرش، علیاری شوره دلی، مهدی، و تشنه لب، محمد (۱۳۸۹). معرفی سیستم فازی شبه چند جمله‌ای تاکاگی - سوگنو - کانگ با کاربرد در شناسایی سیستم و کلاس‌بندی الگو. *مجله کنترل*، ۴(۳)، ۱۵-۲۸.
- شینگ، راجر؛ تسای، سون؛ می، زوتانی (۱۳۹۰). *محاسبات نرم و عصبی فازی*. (سعید ستایشی و شهاب‌الدین شمشیربند، مترجمان). پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای.
- صوفی مجیدپور، مسعود و موسوی، سیدعلی (۱۳۹۴). طراحی مدل اعتبارسنجی و پیش‌بینی ریسک اعتباری مشتریان بانک‌ها مطالعه موردی بانک دی، *کنفرانس بین‌المللی مهندسی و علوم کاربردی*.
- فلاح پور، سعید و ارم، اصغر (۱۳۹۵). پیش‌بینی در ماندگی مالی شرکت‌ها با استفاده از الگوریتم کلونی مورچگان. *تحقیقات مالی*. ۱۸(۲)، ۳۴۷-۳۶۸.
- فلاح شمس، میرفیض؛ مهدوی راد، حمید (۱۳۹۱). طراحی مدل اعتبارسنجی و پیش‌بینی ریسک اعتباری مشتریان تسهیلات لیزینگ (مورد مطالعه: شرکت لیزینگ ایران خودرو). *پژوهشنامه اقتصادی*، ۱۲(۴۴)، ۲۱۳-۲۳۴.
- محمدی اقدام، یوسف (۱۳۹۳). اعتبارسنجی مشتریان حقوقی بانک جهت شناسایی متغیرهای تأثیرگذار بر ریسک نکول تسهیلات، *بیست و چهارمین همایش سالانه سیاست‌های پولی و ارزی*.
- مرادی، کیومرث؛ نیلی پور طباطبایی، سید اکبر (۱۳۹۴). بررسی نقش بنگاه‌های کوچک و متوسط در توسعه فعالیت‌های اقتصادی کشور، *اولین کنفرانس بین‌المللی مدیریت، اقتصاد، حسابداری و علوم تربیتی*.
- ملاابراهیم لو، محمدحسین (۱۳۸۴). *تدوین یک مدل رتبه‌بندی اعتباری برای مشتریان حقوقی بانک سامان*، پایان نامه کارشناسی ارشد اقتصاد، تهران: دانشگاه شریف.

## References

- Abdali Mohammadi, F. & Alivand, M. (2016). A comprehensive study of bank customer assessment and presentation of a validation method with data mining and fuzzy logic techniques, *first national conference of new approaches in electrical and computer engineering, Khorramabad. (in Persian)*
- Abdou, H. A. (2009). Genetic programming for credit scoring: The case of Egyptian public sector banks. *Expert systems with applications*, 36(9), 11402-11417.
- Altman E. I. (1968). Financial ratios, discriminant analysis, and the prediction of corporate bankruptcy. *Journal of Finance*, 25(4), 589-609.
- Altman, E. I., & Sabato, G. (2007). Modeling credit risk for SMEs: Evidence from the US market. *Abacus*, 43(3), 332-357.
- Anwari Rostami, A.A., Baqaei, V., Ghorbani, S., & Masoumi, J. (2011). Application of fuzzy-statistical expert system in analysis and management of cash flows under conditions of uncertainty. *Organizational Resource Management Research*, 1(4), 1-30. (in Persian)
- Asmuni, H. (2008). *Fuzzy Methodologies for Automated University Timetabling Solution Construction and Evaluation*. Ph.D. Thesis. University of Nottingham, UK.

- Barzdeh, S. M. & Taghavifard, M. (2013). Design and development of a law-based fuzzy expert system for credit evaluation of commercial companies' customers (case study: Alborz Distribution and Broadcasting Company). *Business Administration*, 5(2), 17-46. (in Persian)
- Basel Committee on Banking Supervision (2000). Credit Rating & Complementary sources of Credit Quality Information. *Working Paper* no3.
- Beaver, W. (1966). Financial Ratios as Predictors of Failure. *Empirical Research in Accounting. Selected Studies*, 4, 71-111.
- Behrens, E. & Awaranek, P.M H. (1995). *Manual for the preparation of industrial Feasibility Studies*. UNIDO Publication.
- Bekhet, H.A., & Eletter, S.F.K. (2014). Credit risk assessment model for Jordanian commercial banks: Neural scoring approach. *Review of Development Finance*, 4(1), 20-28.
- Beykzadeh, J., Aghazadeh, G. & Aghazadeh, M. (2014). Investigating factors affecting credit risk and prioritizing credit scoring criteria (6C) of bank customers using AHP technique: a case study of National Bank of West Azarbaijan province. *Trend (Economic Research Trends)*, 21(68): 121-150. (in Persian)
- Brown, M., Degryse, H., Höwer, D., & Penas, M. F. (2012). How do banks screen innovative firms? Evidence from start-up panel data. *Evidence from start-up panel data*, 12-032.
- Bryant, K. (2001). ALEES: an agricultural loan evaluation expert system. *Expert systems with applications*, 21(2), 75-85.
- Chen, F. L. & Li, F. C. (2010). Combination of feature selection approaches with SVM in credit scoring. *Expert systems with applications*, 37(7), 4902-4909.
- Chen, Y. Y., Lin, Y. H., Kung, C. C., Chung, M. H., & Yen, I. (2019). Design and implementation of cloud analytics-assisted smart power meters considering advanced artificial intelligence as edge analytics in demand-side management for smart homes. *Sensors*, 19(9), 2047.
- Danesh, P. (2017). Designing a customer credit scoring model with a neural network approach (case study of Parsian Bank). *The first international conference on new research achievements in management, accounting, economics, and industrial engineering with an emphasis on resilience economy*, Sari. (in Persian)
- Dang, G., Lai, K.K. & Yen, J. (2010). Credit scorecard based on logistic regression with random coefficients. *Procedia Computer Science*, 1(1), 2469-2478.
- Darlington, K. (2000). *The essence of expert systems*. Prentice-Hall.
- Dehmardeh, N., Shahraki, J., Saifuddin Pour, S. & Esfandiari, M. (2012). Validation of bank customers using the credit scoring approach: a case study of Sepeh Bank branches in Zahedan. *Public Management Research*. 5(18), 135-152. (in Persian)
- Eghbali, A., Razavi Haji Agha, S.H., & Amouzad Mehdirji, H. (2017). Comparative evaluation of the performance of genetic algorithm merit functions in customer credit scoring. *Industrial Management*, 9(2), 245-264. (in Persian)

- Falahpour, S. & Eram, A. (2016). Predicting the financial helplessness of companies using Ant colony optimization algorithms. *Financial research*, 18(2), 368-347. (in Persian)
- Fallah Shams, M., Mahdavi Rad, H. (2011). Designing a validation model and predicting the credit risk of customers of leasing facilities (case study: Iran Khodro Leasing Company). *Economic Research Journal*, 12(44), 213-234. (in Persian)
- Heidarpour, F. & Karzebhi, M. (2007). Designing a model for validating legal clients of the bank using the 5C criteria. *Financial Knowledge of Securities Analysis*, 2(2), 135-154. (in Persian)
- Holland, J. H. (1975). *Adaptation in Natural and Artificial Systems*. Ann Arbor: University of Michigan Press.
- Hosseini, V. & Daneshgar, V. (2015). Presenting a new framework of credit scoring system based on support vector machine for credit risk management in banks and financial institutions, *International Research Conference on Engineering, Science and Technology, Istanbul*. (in Persian)
- Jacobson, T. & Roszbach, K. (2003). Bank lending policy, credit scoring, and value-at-risk. *Journal of banking & finance*, 27(4), 315-633.
- Jamshidi, S. (2007). Customer credit scoring methods, *Monetary and Banking Research Institute*, Central Bank of Iran. (in Persian)
- Jang, J. R. (1991). Fuzzy Modeling Using Generalized Neural Networks and Kalman Filter Algorithm, *AAAI'91: Proceedings of the ninth National conference on Artificial intelligence*, (2), 762-767.
- Jiang, H. & Ruan, J. (2010). Investment risks assessment on high-tech projects based on analytic hierarchy process and BP neural network. *Journal of networks*, 5(4), 393.
- Khorrami, A., Taghavifard, M.T. & Khatami Firouzabadi, M.A. (2020). Assessing the credit risk of applicants for bank facilities using case-based reasoning (CBR). *Industrial Management Studies*, 18(59), 116-79. (in Persian)
- Lee, H.K.H. (2008). *Model selection for consumer loan application data*. Technical report: 650. Carnegie Mellon University. Department of Statistics.
- Louzada, F., Ferreira-Silva, P. H., & Diniz, C. A. (2012). On the impact of disproportional samples in credit scoring models: An application to a Brazilian bank data. *Expert Systems with Applications*, 39(9), 8071-8078.
- Marques, A. I., Garcia, V. & Sanchez, J. S. (2013). A literature review on the application of evolutionary computing to credit scoring. *Journal of the Operational Research Society*, 64(9), 1384-1399.
- Mohammadi Aghdam, Y. (2014). Validation of bank's legal clients to identify variables influencing the risk of facility default, *24th annual conference on monetary and foreign exchange policies*. (in Persian)
- Molla Ibrahim Lou, M.H. (2005). *Development of a credit scoring model for legal customers of Saman Bank*, Master's thesis in economics, Tehran: Sharif University. (in Persian)

- Moradi, K., Nilipour Tabatabaei, S.A. (2015). Investigating the role of small and medium enterprises in the development of the country's economic activities, *the first international conference on management, economics, accounting, and educational sciences*. (in Persian)
- Raei, R. & Soroush, A. (2012). Validation of small and medium legal clients of banks using logit and probit models. *Economic Research Journal*, 12(44), 131-145. (in Persian)
- Shao, S. P., Shao, L. P. (1998). *Mathematics for Management and Finance*, Eight Edition, South-Western College Publishing.
- Shariat Panahi, S.M. (2008). Presenting a model for validating customers in Sanat and Mine Bank. *Financial accounting empirical studies*, 6(21), 61-82. (in Persian)
- Sharifi, A., Aliari Shureh deli, M., and Teshneh Lab, M. (2010). Introduction of Takagi-Sugeno-Kang pseudo-polynomial fuzzy system with application in system identification and pattern classification. *Journal of Control*, 4(3), 15-28. (in Persian)
- Shing, R. & Tsai, S., Zotani (2011). Soft computing and fuzzy neural networks. (Saeed Satayshi and Shahabeddin Shamshirband, translators). *Research Institute of Nuclear Sciences and Technologies*. (in Persian)
- Sufi Majidpour, M. & Mousavi, S.A. (2014). Designing an assessment model and predicting the credit risk of bank customers, a case study of Bank Day, *International Conference on Engineering and Applied Sciences*. (in Persian)
- Tam, K. Y., & Kiang, M. Y. (1992). Managerial applications of neural networks: the case of bank failure predictions. *Management Science*, 38(7), 926-947.
- Thomas, L. C. (2000). A Survey of Credit and Behavioral Scoring: Forecasting Financial Risk of Lending to Consumers. *International Journal of Forecasting*, 16(2), 149-172.
- United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) report, 2015.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and control*, 8(3), 338-353. (in Persian)
- Zadeh, L. A. (2008). Fuzzy logic. *Scholarpedia*, 3(3), 1766.